

Дана стаття розглядає питання, пов'язані з аналізом та практичним вирішенням проблеми оцінки та визначення реактивної потужності споживаної ТЕП. На практиці результати, отримані у ході дослідження, можна використовувати при розрахунках потужності компенсуючих пристроїв у мережах з ТЕП.

УДК 621.312

Неклюдов Д.В.

Харківська національна академія міського господарства

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТРИФАЗНИХ ТИРИСТОРНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ.

Вступ. Трифазні тиристорні електроприводи постійного струму (ТЕП) у силу своїх конструктивних особливостей, тобто велику індуктивну складову споживаного їми електричного струму потребує компенсації реактивної потужності задля розвантаження живлячих мереж. На сьогоднішній день ця проблема стає дуже актуальною у зв'язку з загальним курсом на економію енергоресурсів.

У відомій літературі [1,2] коефіцієнт потужності і реактивна потужність визначені для узагальненого ТЕП з внутрішнім опором активно-індуктивного характеру і постають функціями коефіцієнта спотворень струму, який дорівнює відношенню діючого значення першої гармоніки струму до діючого значення повного струму; кута керування ТЕП і кута комутації, який залежить від індуктивності розсіювання мережного трансформатора. Тобто

$$K_{\Pi} = \frac{P}{S} = K_c \cdot \cos \varphi_{(1)} = K_c \cdot \cos \left(\beta - \frac{\gamma}{2} \right) \quad (1)$$

де P – активна потужність електроенергії, що передається тиристорним електроприводом у мережу;

S – повна потужність тиристорного електропривода;

$K_c = \frac{I_{(1)}}{I}$ – коефіцієнт спотворень, що дорівнює відношенню діючого значення першої гармоніки струму до діючого значення повного струму;

$\varphi_{(1)}$ – кут зсуву фази першої гармоніки струму від мережної напруги;

β – кут керування тиристорами, який називають кутом випередження оскільки керуючі імпульси подаються на тиристори з випередженням до появи на аноді тиристора позитивної напруги;

γ – кут комутації, що затримує час переключень тиристорів внаслідок наявності індуктивності розсіювання мережного трансформатора.

Вираз (1) отриманий за припущення, що вихідний струм має трапецієвидну форму [1,2], тобто внутрішня індуктивність інвертора наближається до нескінченності, що у реальній ситуації неможливо. Таким чином, формула (1) не у повній мірі відповідає фізичним явищам передачі електроенергії від ТЕП у мережу. Окрім цього за формулою (1) на практиці складно виміряти коефіцієнт потужності ТЕП.

Аналогічні висновки витікають і для формули визначення реактивної потужності ТЕП.

$$Q = P \cdot \left(\operatorname{tg} \beta + \frac{\gamma}{2} \right) \quad (2)$$

$$P = 3 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_{(1)} \quad (3)$$

де P – активна потужність ТЕП;

U_1 - значення напруги першої гармоніки;

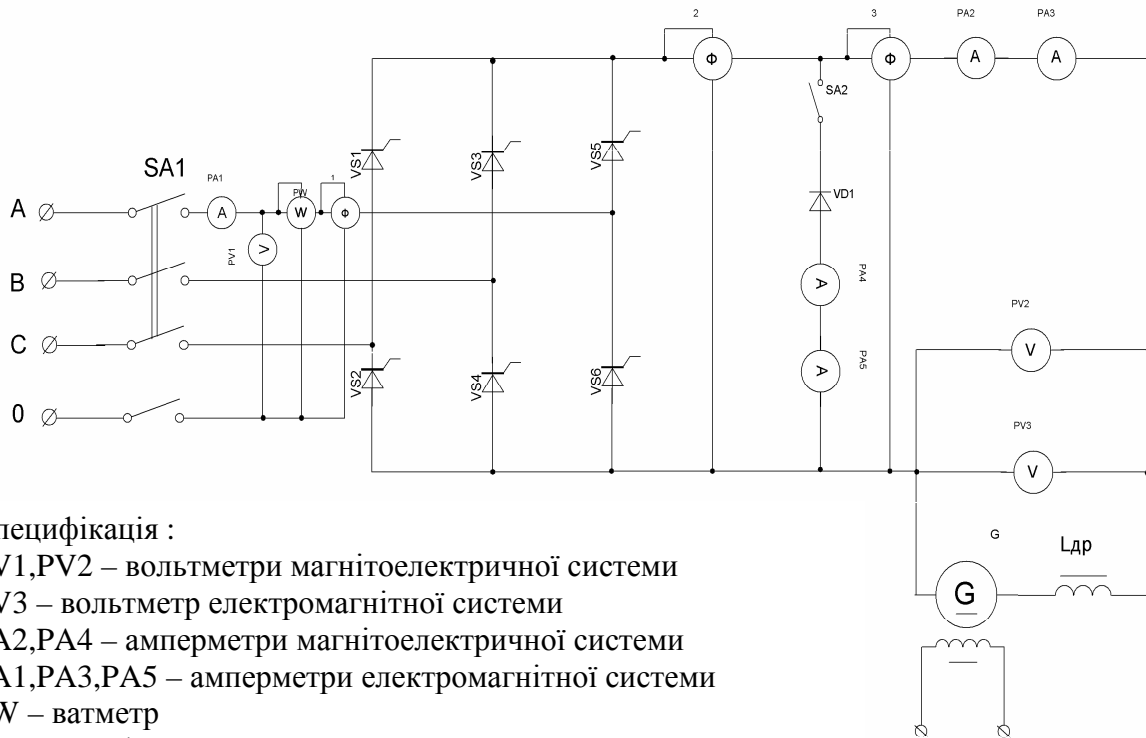
I_1 - значення струму першої гармоніки;

$\varphi_{(1)}$ - кут зсуву фази першої гармоніки струму від мережної напруги;

У формулі (2) відсутні внутрішні параметри ТЕП, тобто його активний та індуктивний опори. Тоді можна стверджувати, що формула не у повній мірі відповідає фізичному змісту. При цьому недослідженим залишається процес перетворення механічної енергії ТЕП у електроенергію, активна і реактивна складові якої споживаються внутрішнім активно-індуктивним опором двигуна постійного струму керованого ТЕП. Тому виникає завдання визначення складових потужності електроенергії, що ТЕП генерує у мережу на основі закону збереження енергії, себто балансу потужностей ТЕП.

Мета роботи. Визначення реактивної потужності тиристорного електроприводу на основі залежностей її зміни від кута керування та роду схеми перетворювача.

Матеріал і результати дослідження. Для дослідження була зібрана схема (рисунок 1). Схема має у собі тиристорний перетворювач з можливістю зміни пульсності схеми випрямлення (використовувались схеми Ларіонова та Міткевича).



Специфікація :

PV1, PV2 – вольтметри магнітоелектричної системи

PV3 – вольтметр електромагнітної системи

PA2, PA4 – амперметри магнітоелектричної системи

PA1, PA3, PA5 – амперметри електромагнітної системи

PW – ватметр

Φ1 – Φ3 – фазометри

G – двигун постійного струму з незалежним збудженням

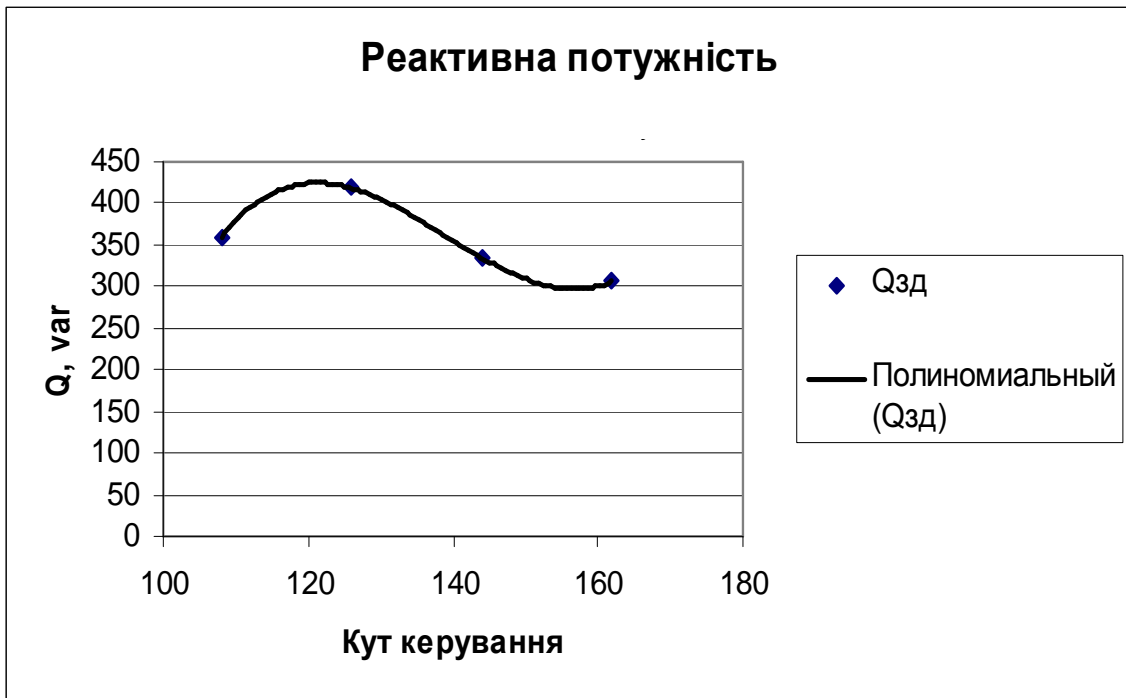
Lдр – дросель зі змінною індуктивністю

VS1 – VS6 – тиристири

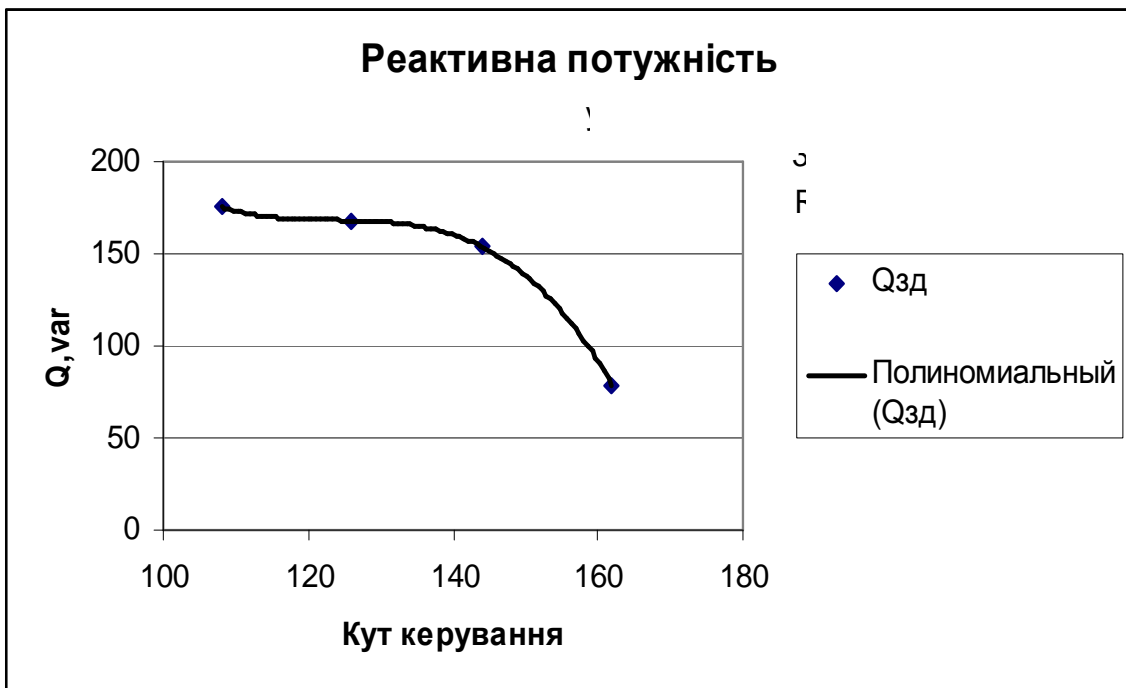
Рис. 1. Схема експериментальної установки для схеми Ларіонова

При проведенні дослідження процесів, що мають місце при експлуатації двигуна постійного струму з незалежним збудженням та обробленні отриманих результатів використовувався метод планування експериментів. За дрібним факторним експериментом

том було проведено ряд замірів та за ними отримані апроксимуючі криві та поліноми, які наведено на рисунках 2,3 та таблиці 1



а)

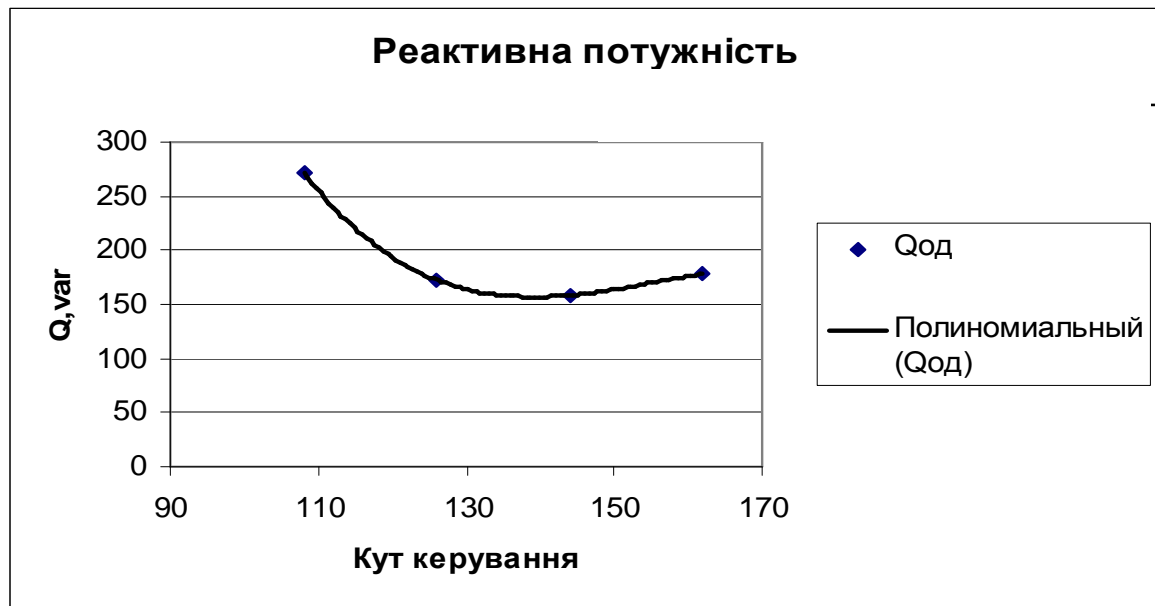


б)

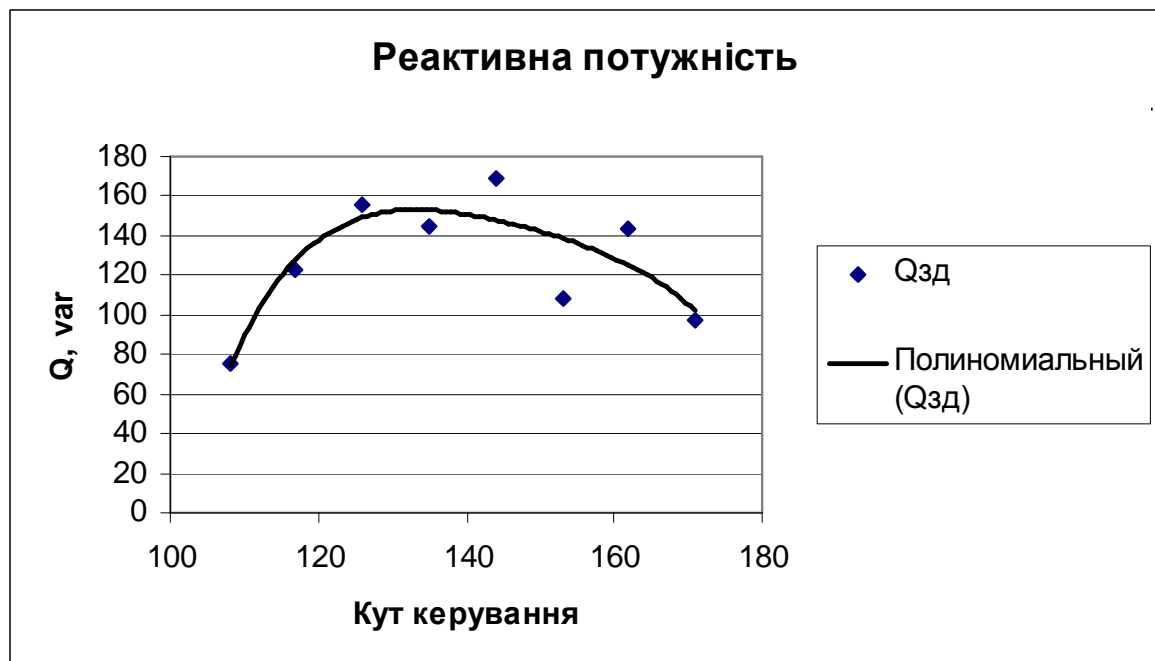
Рисунок 2. Реактивна потужність у залежності від кута керування для схеми з $m = 6$:

а) індуктивність якірного кола дорівнює $X_{як} = X_{я} = 1,64 \text{ Ом}$

б) індуктивність якірного кола дорівнює $X_{як} = X_{я} + X_{др} = 20,39 \text{ Ом}$



а)



б)

Рисунок 3. Реактивна потужність у залежності від кута керування для схеми з $m = 3$:

а) індуктивність якірного кола дорівнює $X_{як} = X_{я} = 1,64 \text{ Ом}$

б) індуктивність якірного кола дорівнює $X_{як} = X_{я} + X_{др} = 20,39 \text{ Ом}$

Табл. 1. Розрахункові формули для визначення величини реактивної потужності споживаної ТЕП за умов змінного кута керування та індуктивного опору якірного кола

| Вихідні дані | Тип схеми живлення | $Q=f(\alpha)$ |
|-----------------------------|--------------------|--|
| $X_{як} = 1,64 \text{ Ом}$ | $m = 3$ | $Q = -0.015 \cdot \alpha^3 + 0.68 \cdot \alpha^2 - 105.36 \cdot \alpha + 5517.4$ |
| $X_{як} = 20,39 \text{ Ом}$ | | $Q = -3 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^4 + 0.019 \cdot \alpha^3 - 4.14 \cdot \alpha^2 + 410.62 \cdot \alpha - 15129$ |
| $X_{як} = 1,64 \text{ Ом}$ | $m = 6$ | $Q = 0.056 \cdot \alpha^3 - 2.35 \cdot \alpha^2 + 321.42 \cdot \alpha - 14029$ |
| $X_{як} = 20,39 \text{ Ом}$ | | $Q = -0.0015 \cdot \alpha^3 + 0.56 \cdot \alpha^2 - 69.195 \cdot \alpha + 3023.8$ |

Висновок. Знайдені вирази можна використовувати для інженерних розрахунків потужності компенсуючих пристроїв для ТЕП постійного струму, що спрощує та уточнює процес вибору потужності батарей конденсаторів або інших пристроїв компенсації.

Література

1. Справочник по преобразовательной технике/ под ред. И. М. Чиженко.—Киев: Техника, 1978.
2. Чиженко И. М., Руденко В. С., Сенько В. И. Основы преобразовательной техники.—Москва: Высш. шк., 1974.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ТРЕХФАЗНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Д.В. Неклюдов

Данная статья рассматривает вопросы, связанные с анализом и практическим решением проблемы оценки и определения реактивной мощности потребляемой ТЭП. На практике результаты, полученные в ходе исследовательской работы можно использовать при расчётах мощности компенсирующих устройств в сетях с ТЭП.

REACTIVE CAPACITY THREEPHASE ELECTRIC DRIVE EXPERTIG.

D. V. Neclyudov

The paper highlighting problems consider with analysis and empirical definition reactive capacity problems of tiristor electric drive. The practical value of results is usage for engineer consideration problems in choosing power of compensators.